

# Aula 15

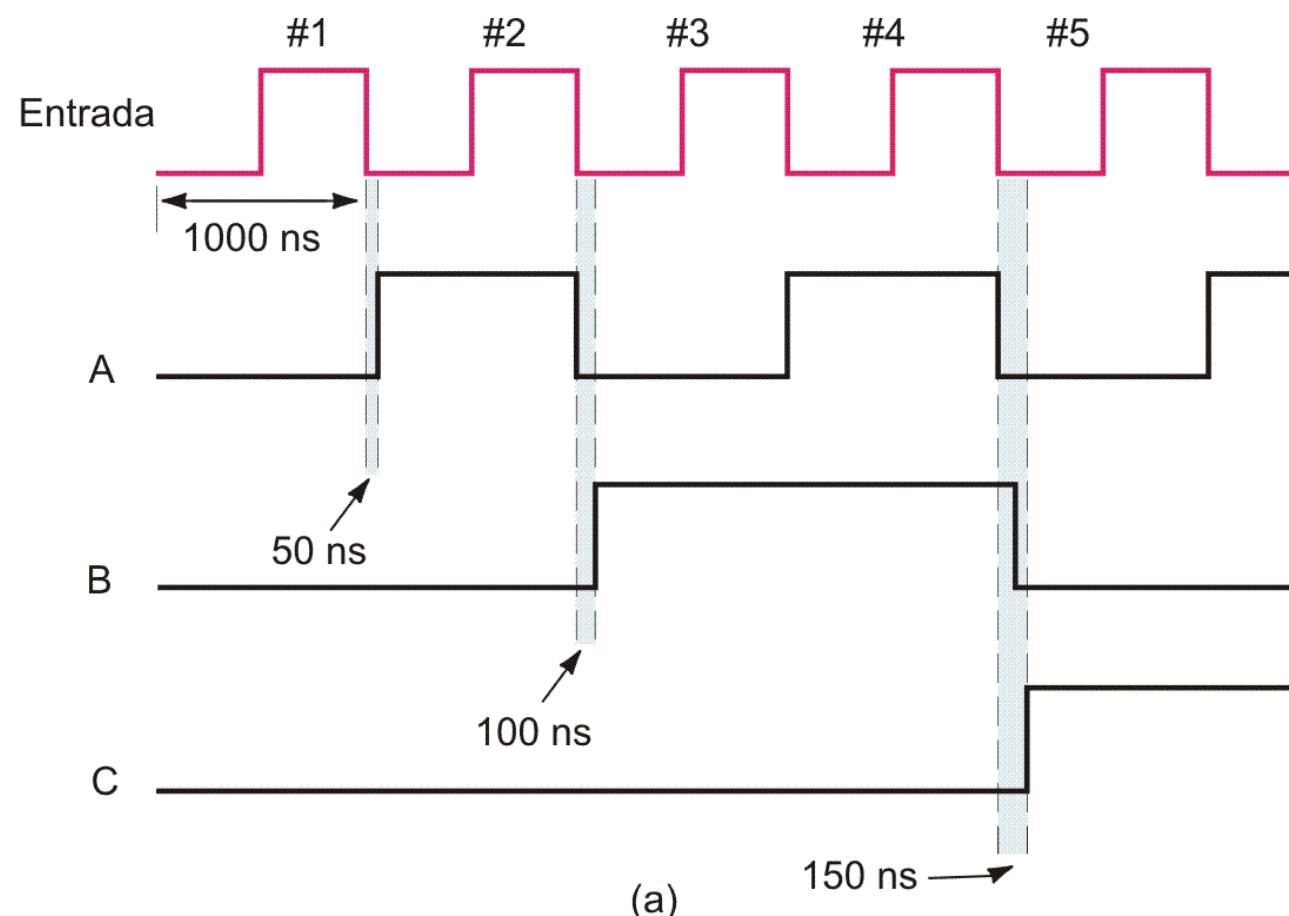
## Contadores Síncronos

**SEL 0414 - Sistemas Digitais**

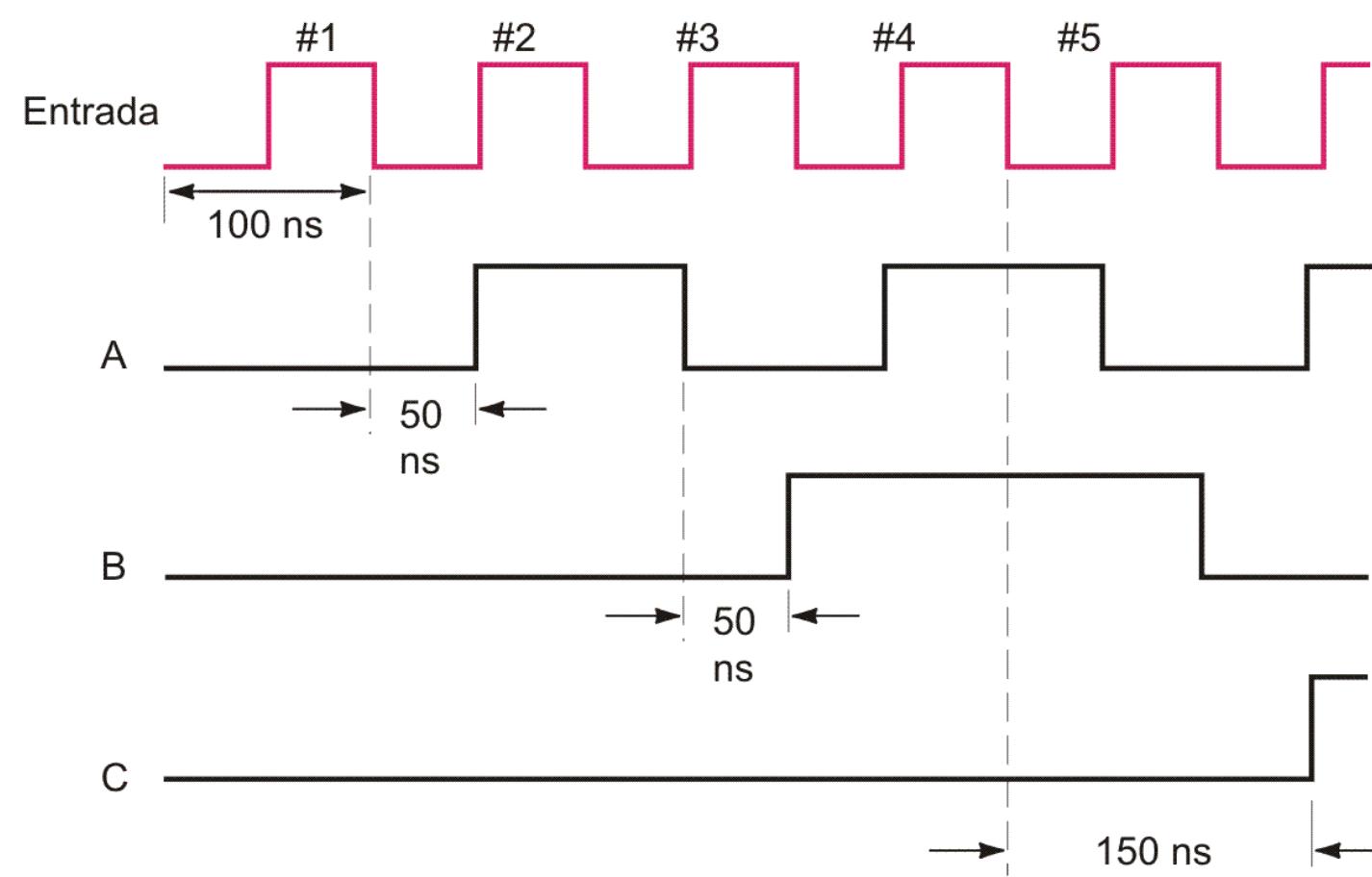
**Prof. Dr. Marcelo Andrade da Costa Vieira**

# *Atraso de propagação dos Contadores Assíncronos*

# Atraso de Propagação: Contadores Assíncronos



# Atraso de Propagação: Contadores Assíncronos



# Atraso de Propagação: Contadores Assíncronos

- Condição para o funcionamento correto do contador assíncrono:

$$f_{máx} < \frac{1}{n \times t_a}$$

- $f$  = frequência máxima do sinal de CLK;
- $t_a$  = tempo de atraso dos FFs JK
- $n$  = número de FF JK utilizados no contador

# Assíncronos X Síncronos

- **Contadores Assíncronos:**

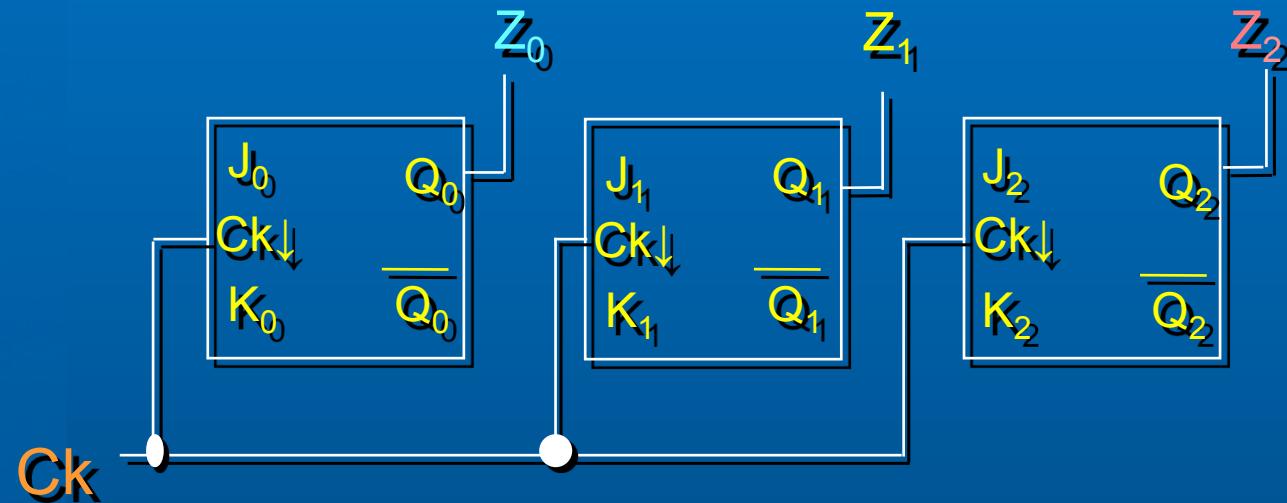
- Os Flip-Flops não mudam de estado com o mesmo sincronismo;
- O CLK é colocado apenas no primeiro FF (LSB);
- Há um pequeno atraso entre as mudanças de estado de cada FF;
- O atraso é propagado de acordo com o número de FFs conectados em cascata.

- **Contadores Síncronos:**

- Os Flip-Flops mudam de estado com o mesmo sincronismo;
- O mesmo CLK é ligado em todos os FFs;
- Há um atraso entre as mudanças de estado de cada FF;
- O atraso não é propagado de acordo com o número de FFs.

# *Contador Síncrono Crescente*

## Contador Crescente Síncrono de 3 bits

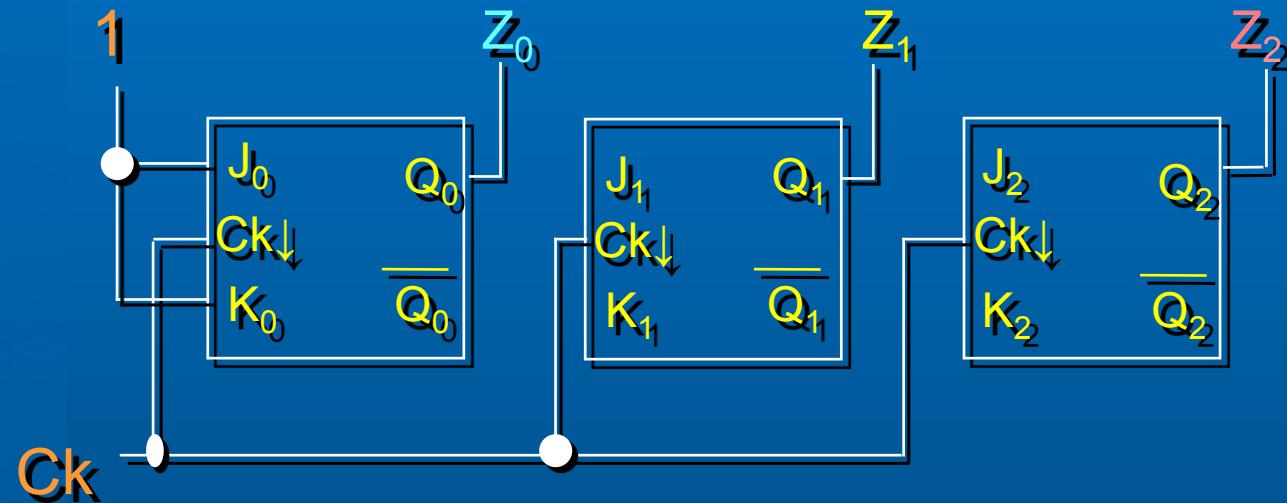


Como conectar os FF?

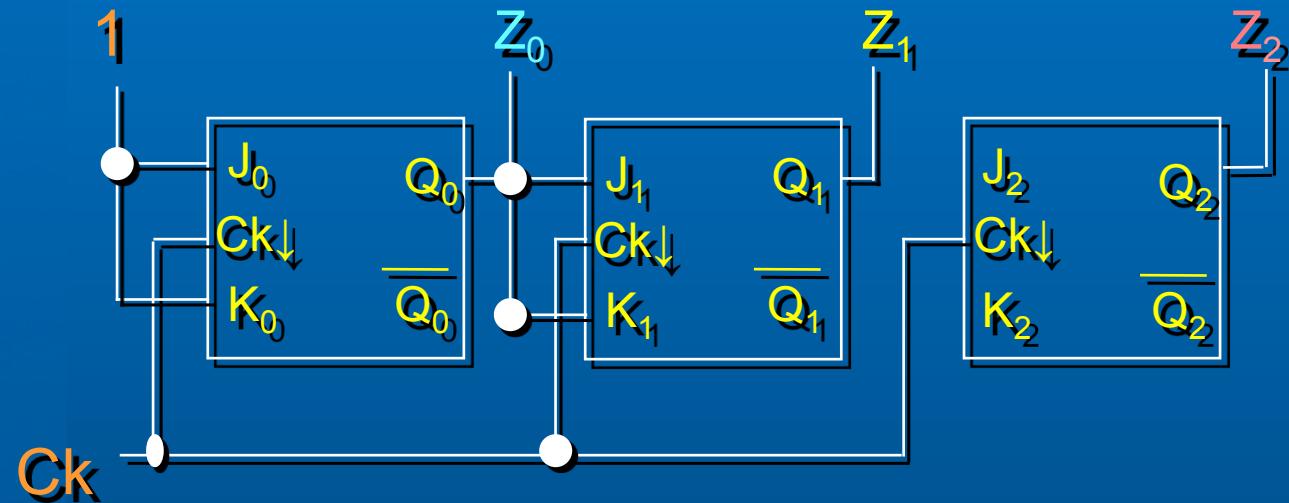
## Contador Crescente Síncrono de 3 bits

Pulsos Ck	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$
0	0	0	0
1	0	0	1
2	0	1	0
3	0	1	1
4	1	0	0
5	1	0	1
6	1	1	0
7	1	1	1

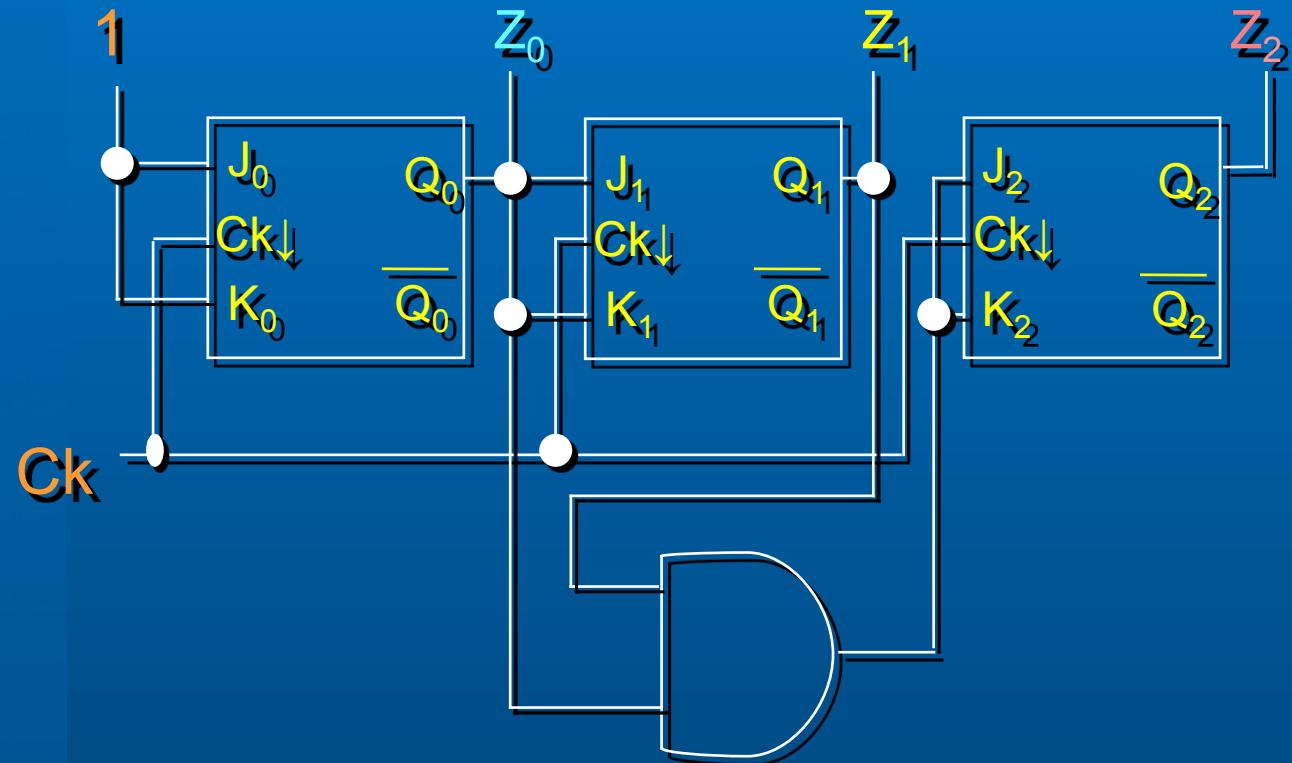
# Contador Crescente Síncrono de 3 bits



# Contador Crescente Síncrono de 3 bits



## Contador Crescente Síncrono de 3 bits



Não importa se o  $Ck$  é sensível à borda de subida ou descida.

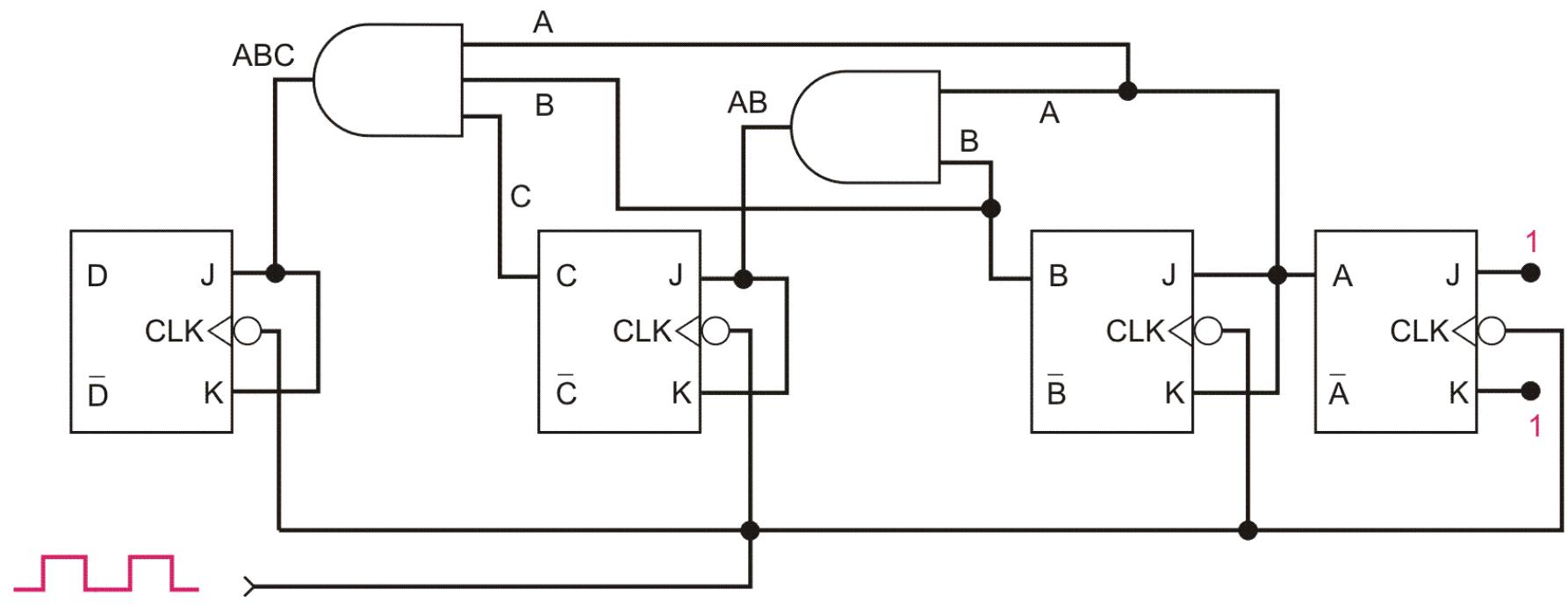
# Contador Crescente Síncrono de 4 bits

(a)

Contagem	D	C	B	A
0	0	0	0	0
1	0	0	0	1
2	0	0	1	0
3	0	0	1	1
4	0	1	0	0
5	0	1	0	1
6	0	1	1	0
7	0	1	1	1
8	1	0	0	0
9	1	0	0	1
10	1	0	1	0
11	1	0	1	1
12	1	1	0	0
13	1	1	0	1
14	1	1	1	0
15	1	1	1	1
0	0	0	0	0
.	.	.	.	.
.	.	.	etc.	.
.	.	.	.	.

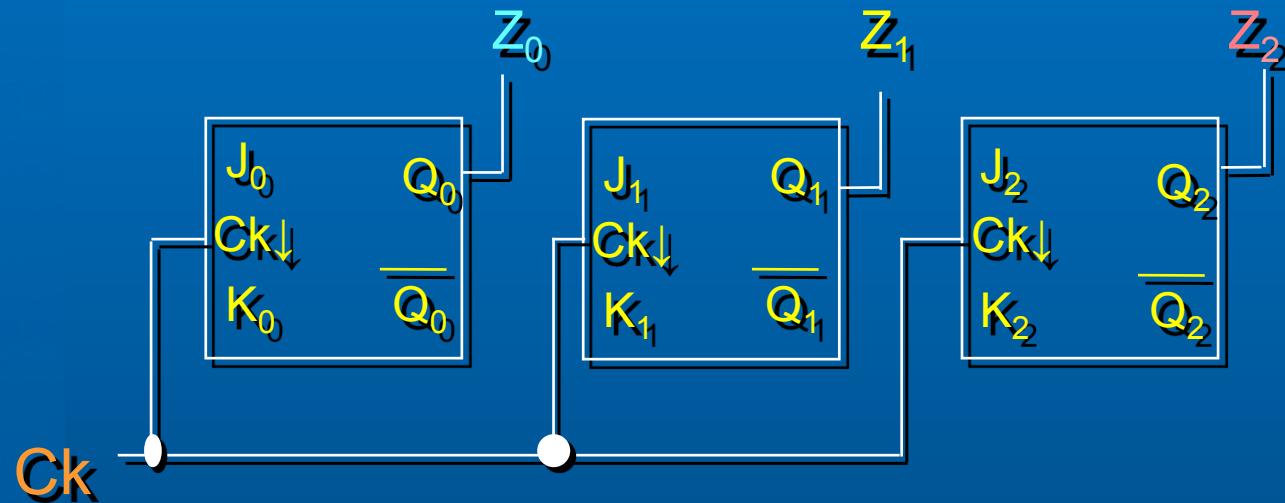
(b)

# Contador Crescente Síncrono módulo 16



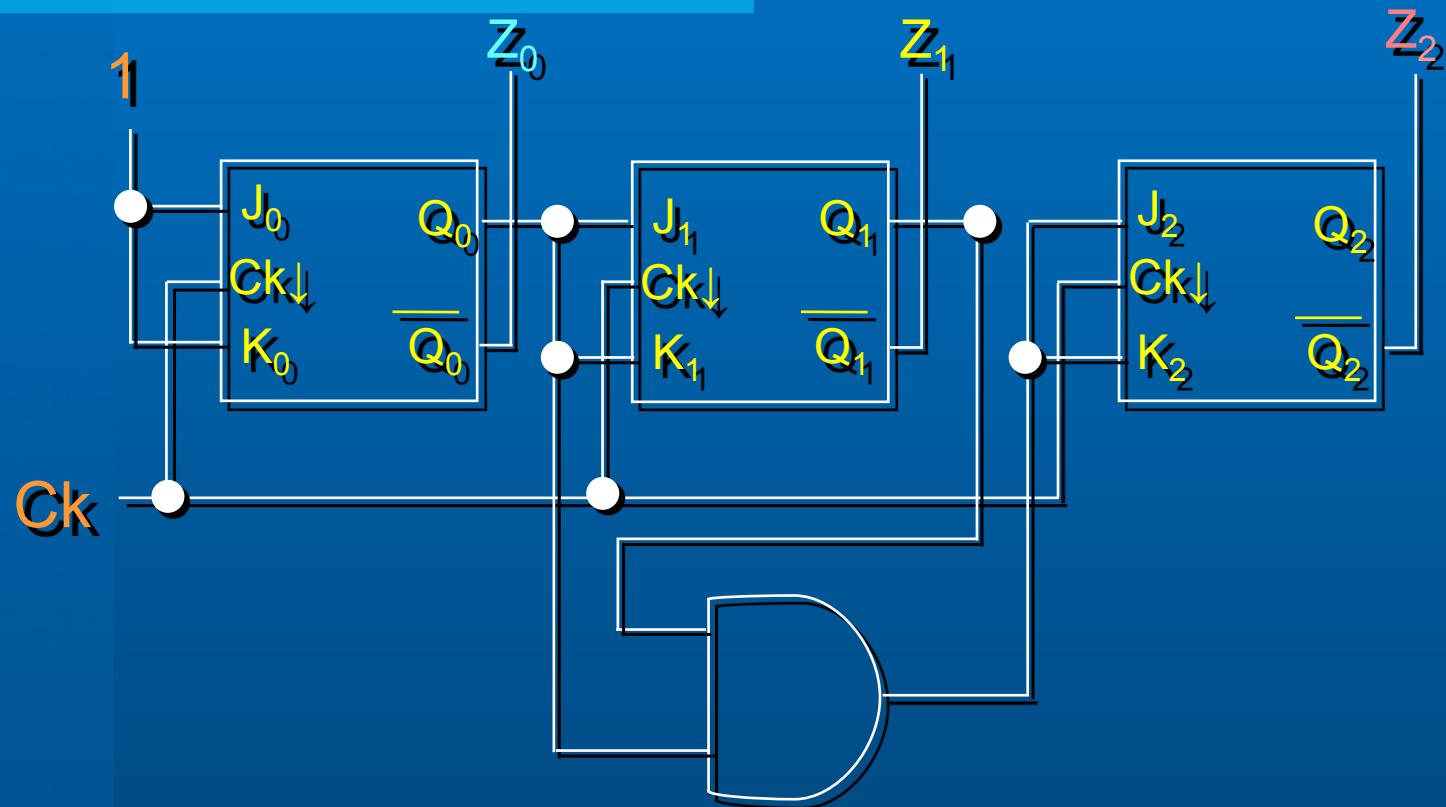
# *Contador Síncrono Decrescente*

# Contador Decrescente Síncrono de 3 bits



Como conectar os FF?

## Contador Decrescente Síncrono de 3 bits

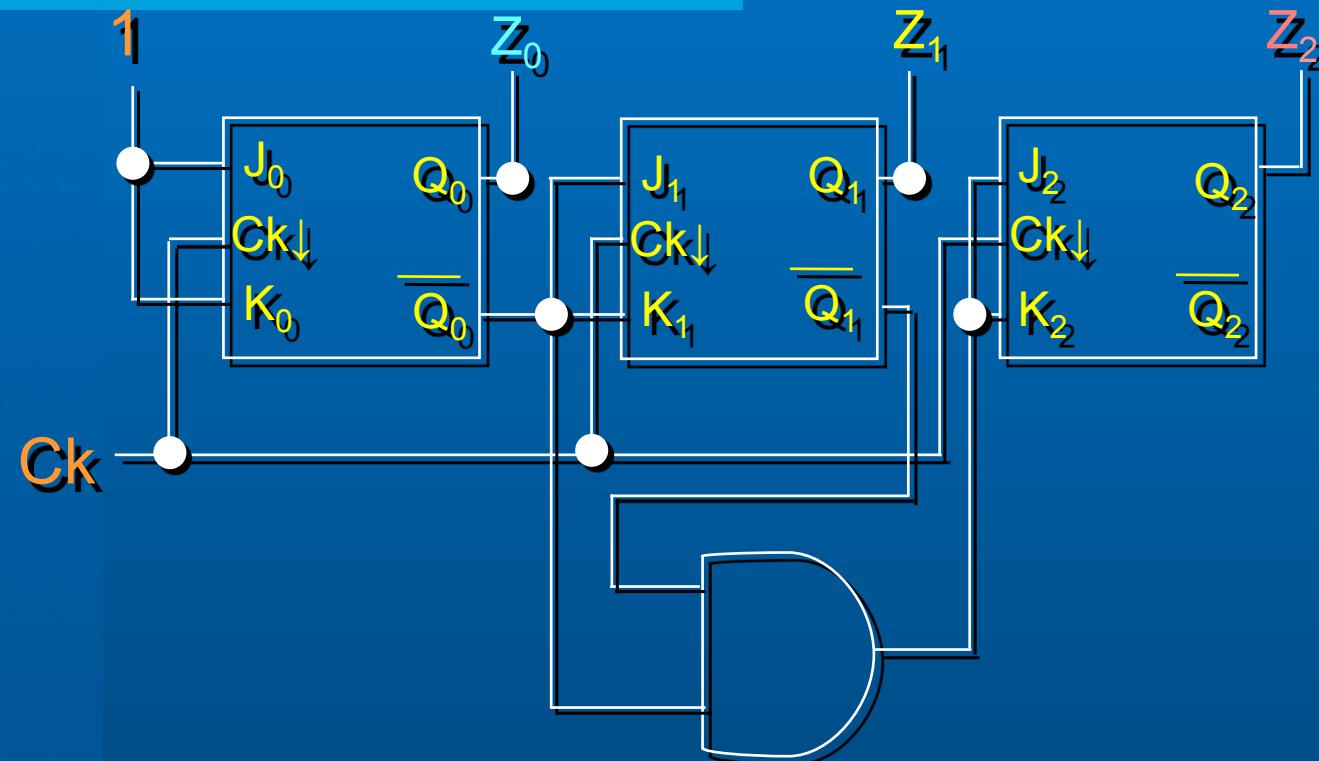


Uma solução (*para módulo =  $2^n$* ) é montar um contador síncrono crescente e utilizar as saídas invertidas dos FFs

# Contador Decrescente Síncrono de 3 bits

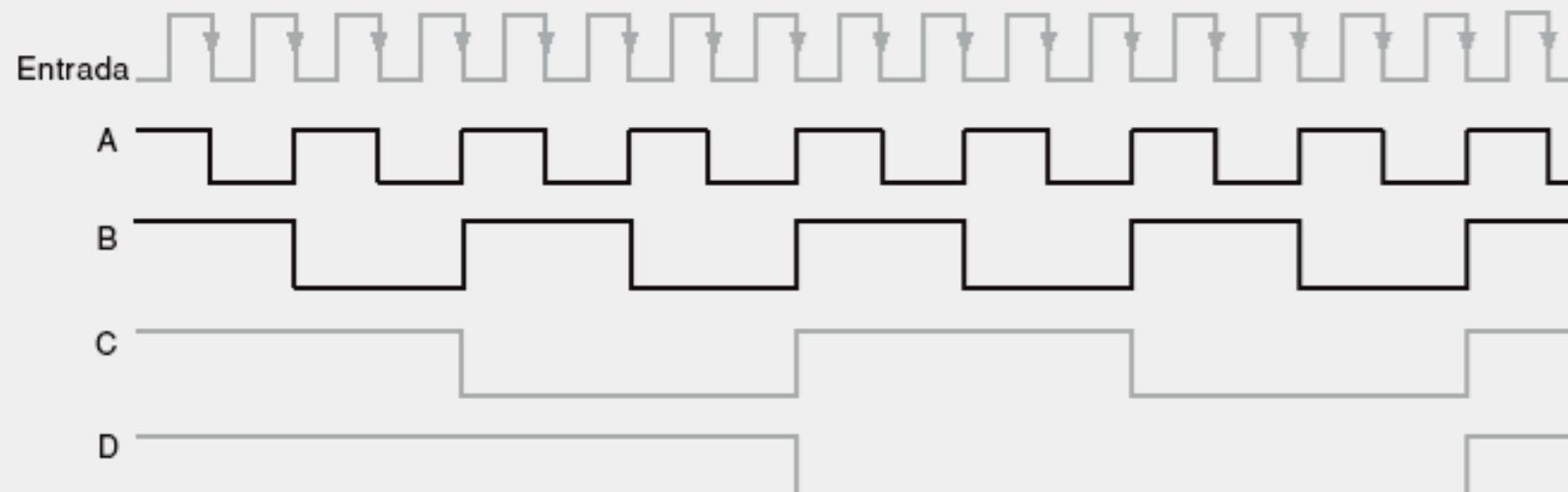
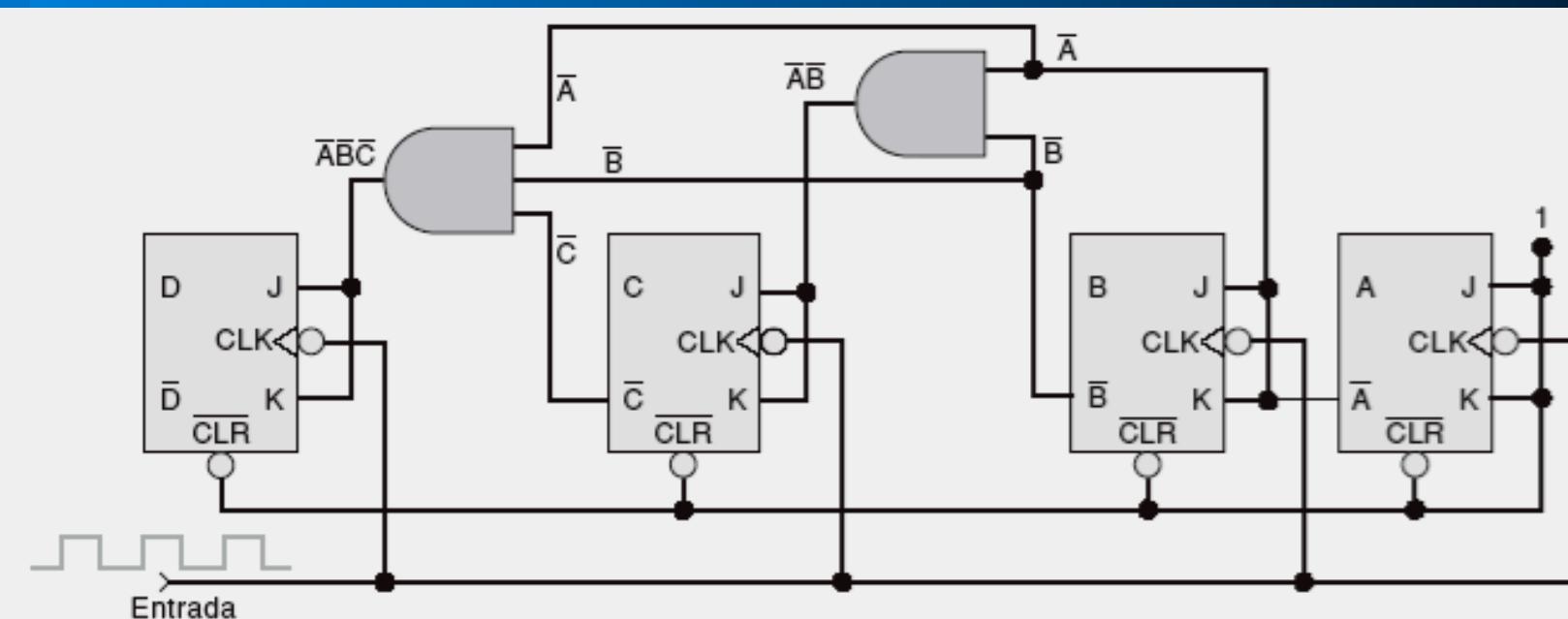
Pulsos Ck	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$
0	1	1	1
1	1	1	0
2	1	0	1
3	1	0	0
4	0	1	1
5	0	1	0
6	0	0	1
7	0	0	0

## Contador Decrescente Síncrono de 3 bits



Outra solução é utilizar as saídas invertidas para conectar os FFs (para módulo =  $2^n$ )

# Contador Síncrono Decrescente Módulo 16



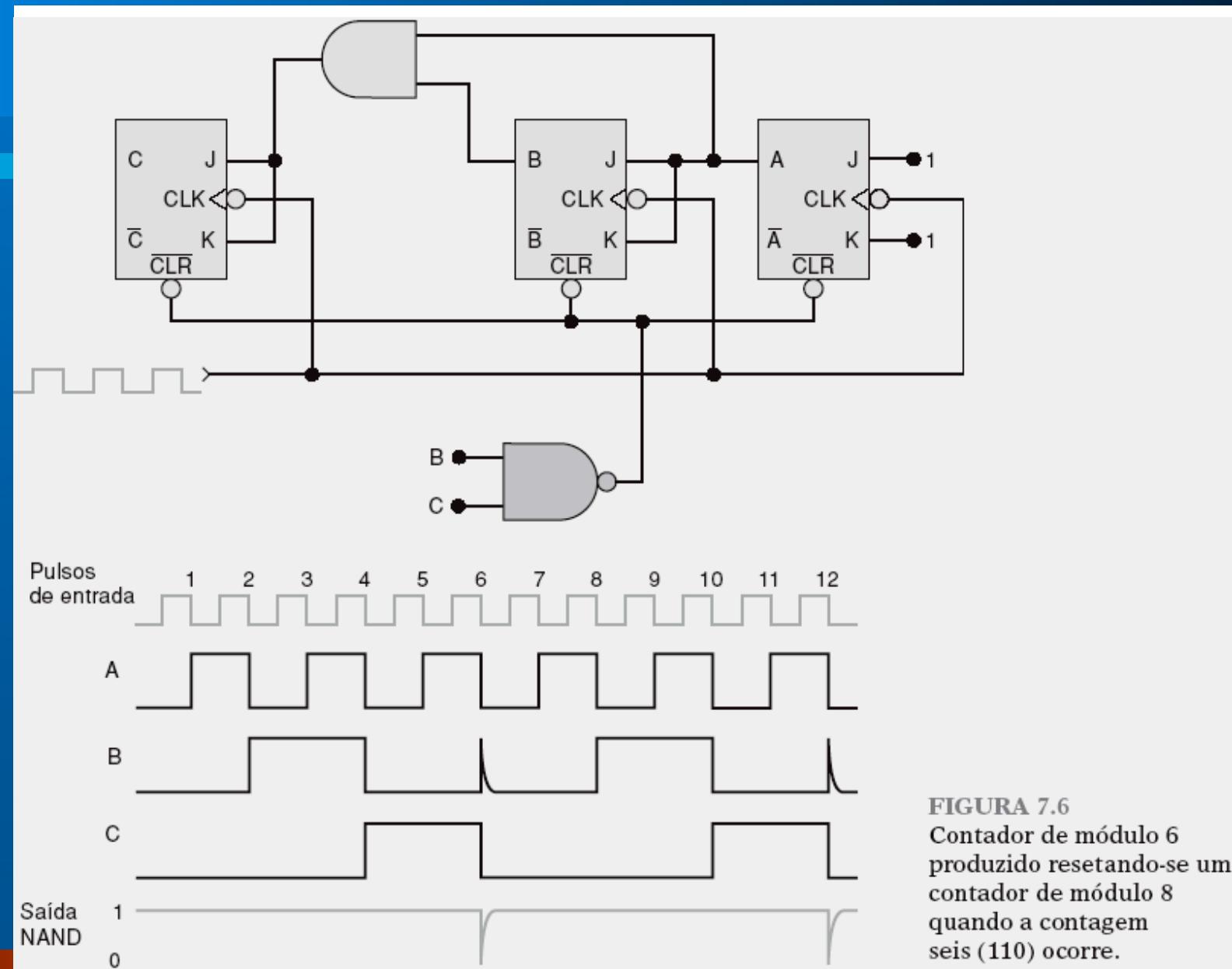
# *Contadores Síncronos de Módulo $< 2^n$*

*Crescente ou Decrescente*

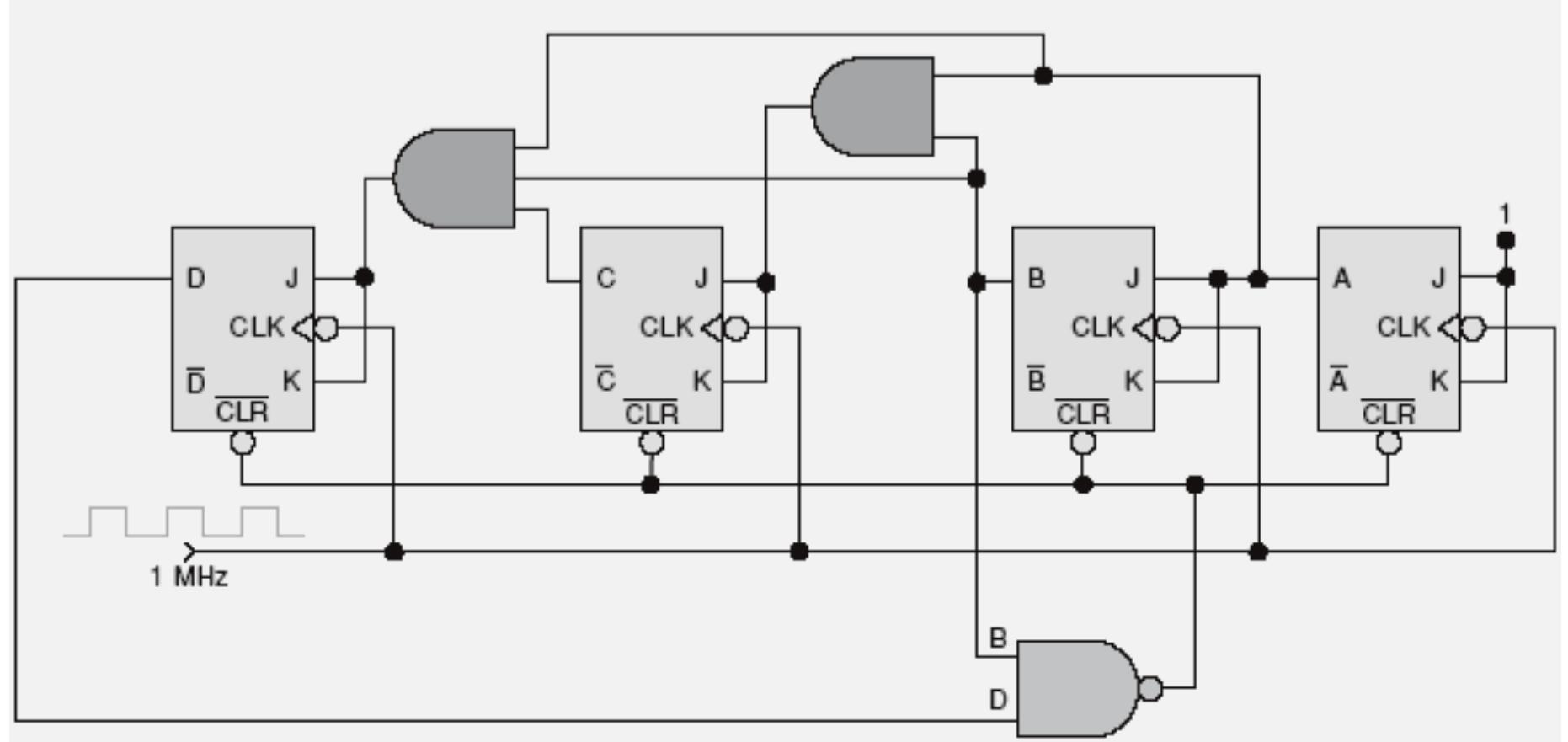
## **Contador Síncrono Crescente ou Decrescente de Módulo $< 2^n$**

- Uso o Clear do FF para reiniciar a contagem;
- Projeto: igual ao do contador Assíncrono

# Contador Síncrono Crescente Módulo 6

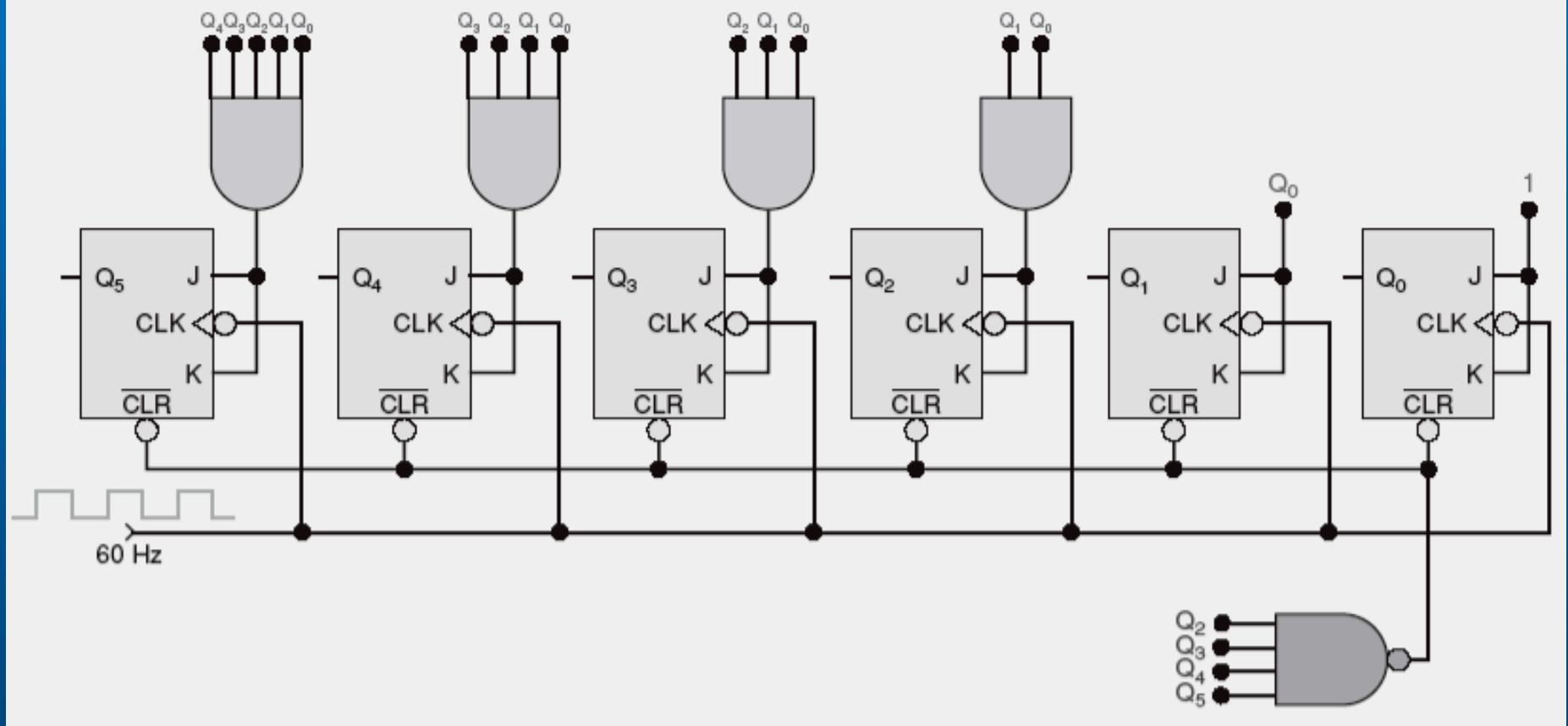


# Contador Síncrono Crescente Módulo 10



(b)

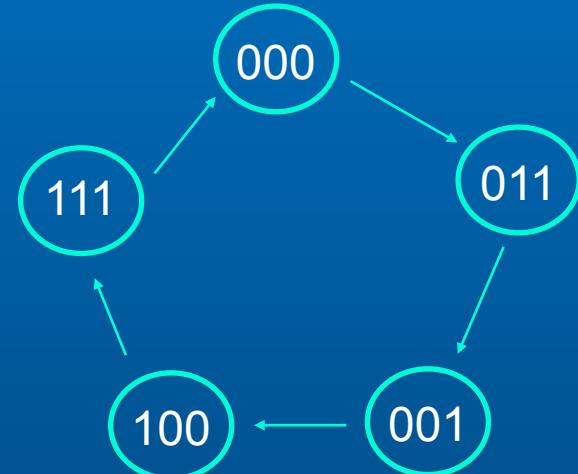
# Contador Síncrono Crescente Módulo 60



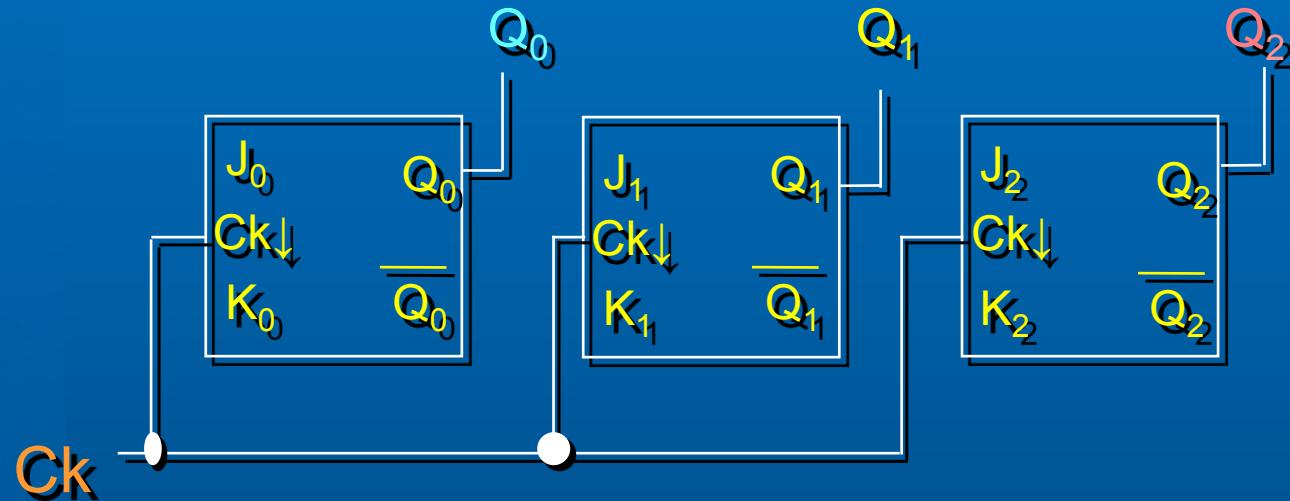
# *Contadores Síncronos de qualquer sequência*

# Contador síncrono de qualquer sequência

Número	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$
0	0	0	0
3	0	1	1
1	0	0	1
4	1	0	0
7	1	1	1



# Contador síncrono de qualquer sequência



Como conectar os FF?

# Transição de estados para FF JK

J	K	Q
0	0	$Q_0$
0	1	0
1	0	1
1	1	$\overline{Q_0}$

Transição $Q_n \rightarrow Q_{n+1}$	J	K
0 $\rightarrow$ 0	0	X
0 $\rightarrow$ 1	1	X
1 $\rightarrow$ 0	X	1
1 $\rightarrow$ 1	X	0

# Contador síncrono de qualquer sequência

Transição	J	K
0 → 0	0	X
0 → 1	1	X
1 → 0	X	1
1 → 1	X	0

Número	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$	$J_2$	$K_2$	$J_1$	$K_1$	$J_0$	$K_0$
0	0	0	0	0	X	1	X	1	X
3	0	1	1	0	X	X	1	X	0
1	0	0	1	1	X	0	X	X	1
4	1	0	0	X	0	1	X	1	X
7	1	1	1	X	1	X	1	X	1

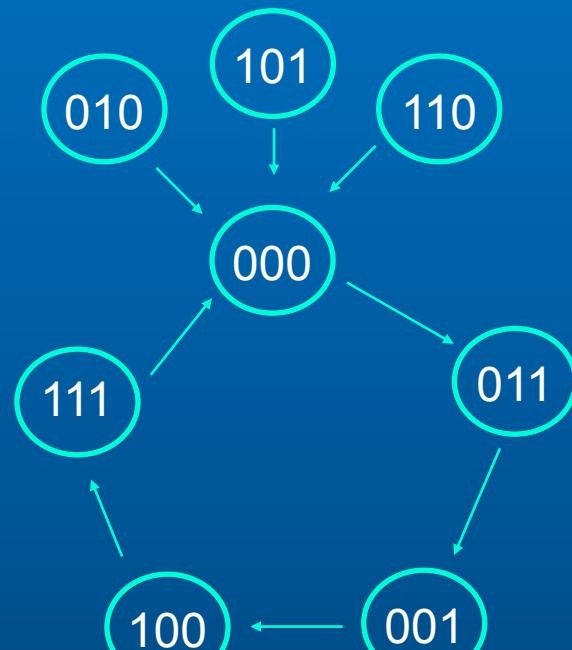
## E os demais estados?

- 1. Pode-se considerar como irrelevantes;**
- 2. Pode-se “forçar” a ida para um estado pré-definido ou o reinício da contagem.**

*Ex.: forçando o reinício da contagem (Estado seguinte = 0000)*

# Contador síncrono de qualquer sequência

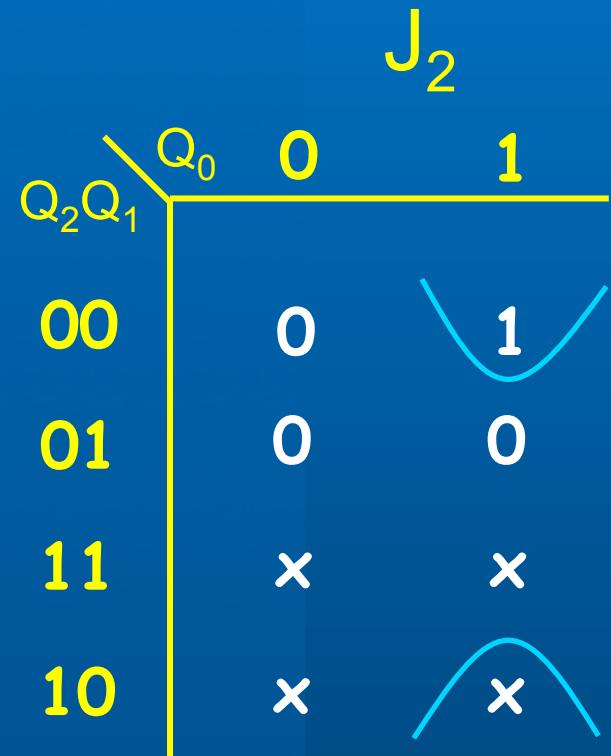
Número	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$
0	0	0	0
3	0	1	1
1	0	0	1
4	1	0	0
7	1	1	1
2	0	1	0
5	1	0	1
6	1	1	0



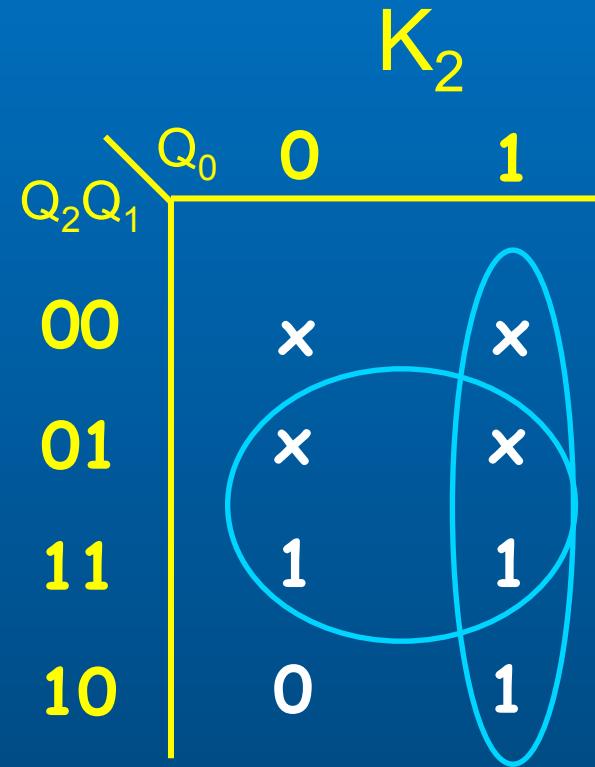
# Contador síncrono de qualquer sequência

Número	$Q_2$	$Q_1$	$Q_0$	$J_2$	$K_2$	$J_1$	$K_1$	$J_0$	$K_0$
0	0	0	0	0	X	1	X	1	X
3	0	1	1	0	X	X	1	X	0
1	0	0	1	1	X	0	X	X	1
4	1	0	0	X	0	1	X	1	X
7	1	1	1	X	1	X	1	X	1
2	0	1	0	0	X	X	1	0	X
5	1	0	1	X	1	0	X	X	1
6	1	1	0	X	1	X	1	0	X

## Flip-Flop 2

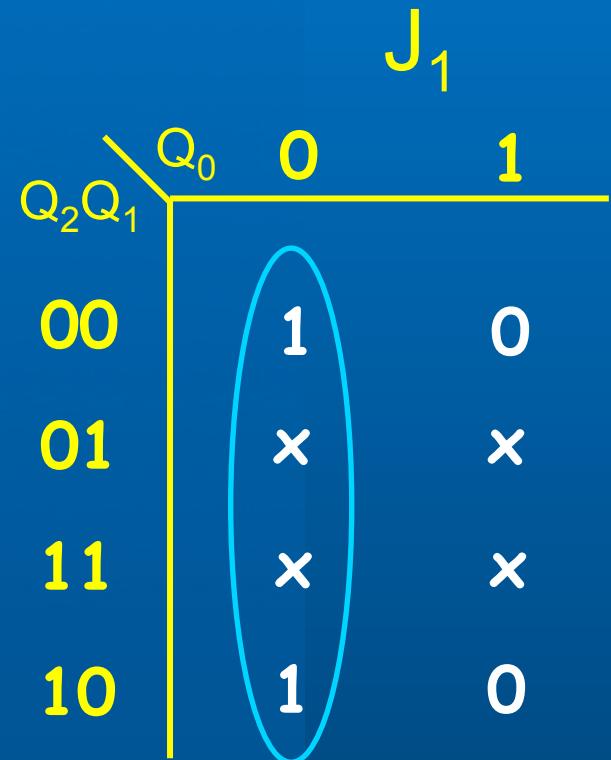


$$J_2 = Q_0 \bar{Q}_1$$

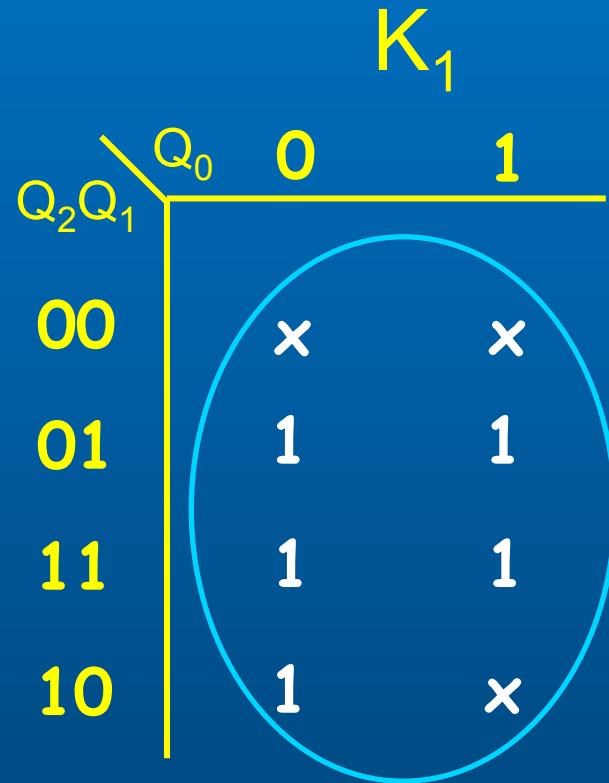


$$K_2 = Q_0 + Q_1$$

## Flip-Flop 1

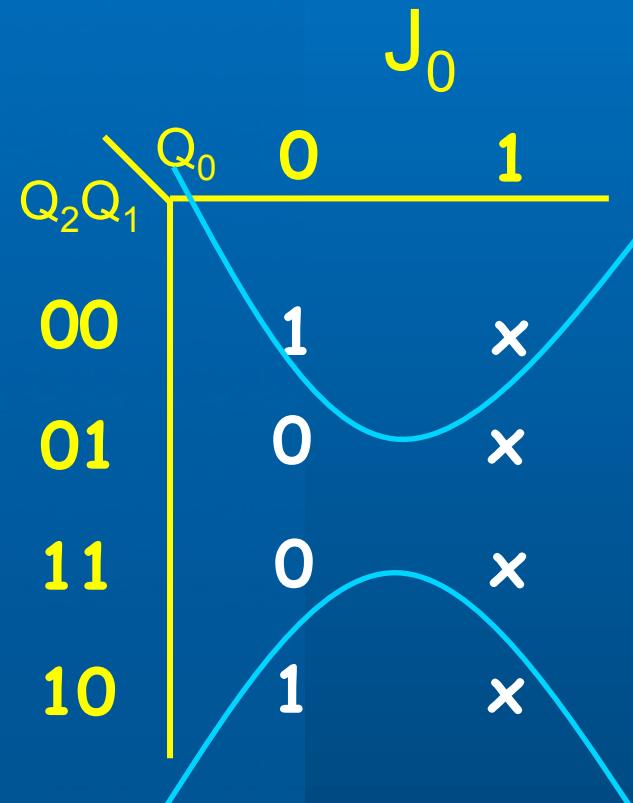


$$J_1 = \overline{Q}_0$$

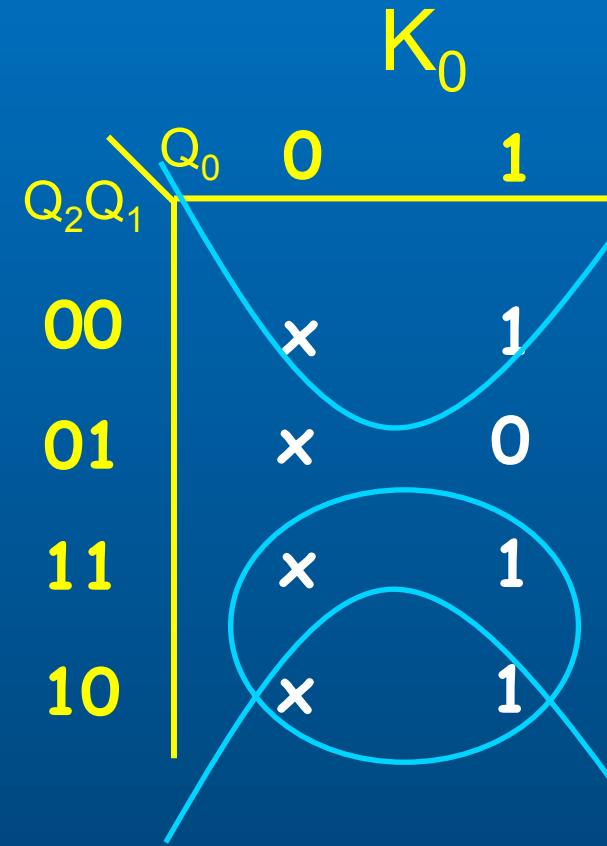


$$K_1 = 1$$

## Flip-Flop 0



$$J_0 = \bar{Q}_1$$



$$K_0 = Q_2 + \bar{Q}_1$$

## Contador Síncrono

Ligações dos Flip-Flops JK:

$$J_2 = Q_0 \overline{Q}_1$$

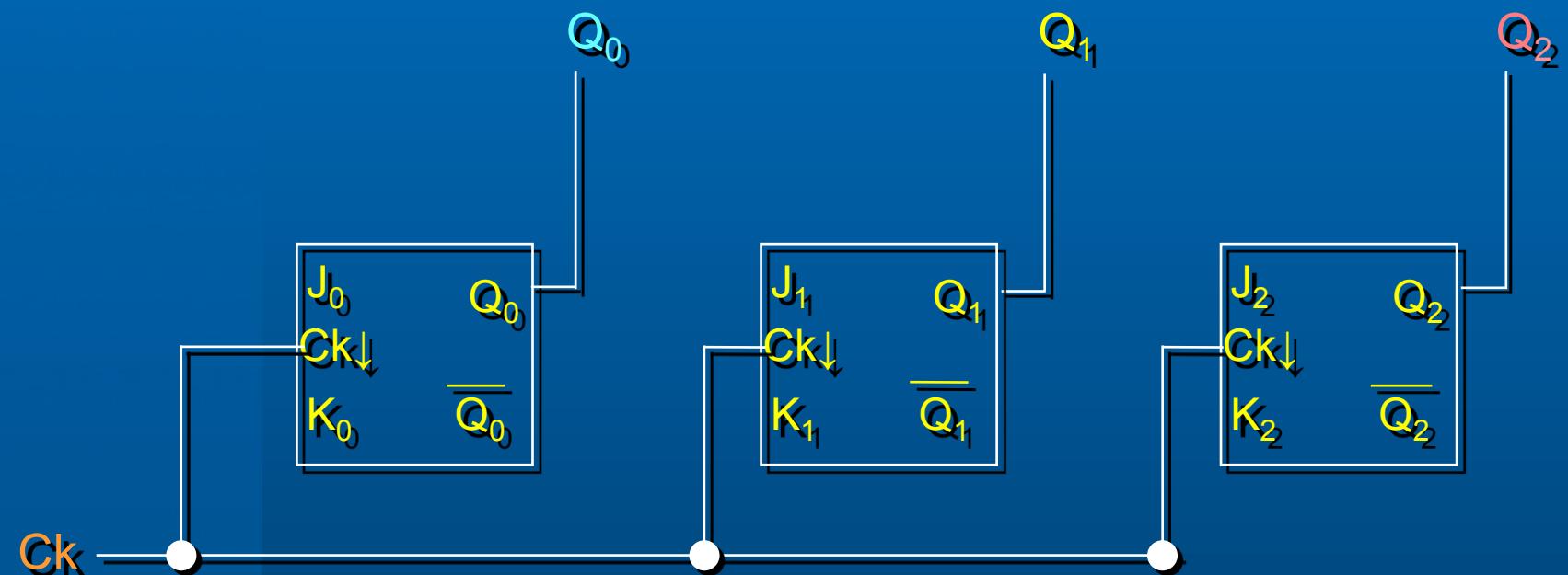
$$J_1 = \overline{Q}_0$$

$$J_0 = \overline{Q}_1$$

$$K_2 = Q_0 + Q_1$$

$$K_1 = 1$$

$$K_0 = Q_2 + \overline{Q}_1$$



## Contador Síncrono

Ligações dos Flip-Flops JK:

$$J_2 = Q_0 \overline{Q}_1$$

$$J_1 = \overline{Q}_0$$

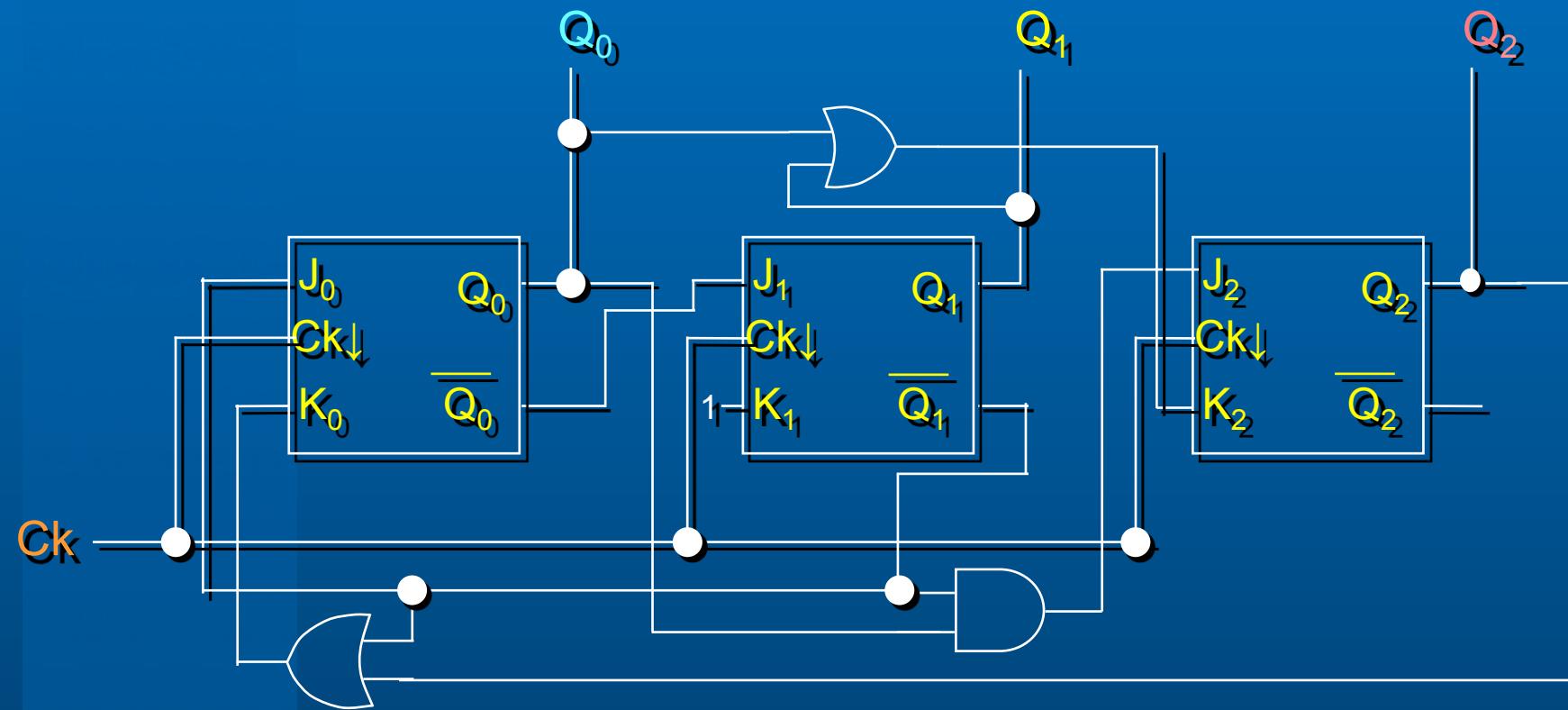
$$J_0 = \overline{Q}_1$$

$$K_2 = Q_0 + Q_1$$

$$K_1 = 1$$

$$K_0 = Q_2 + \overline{Q}_1$$

Círcuito Final:



*Trazer nas próximas aulas:*

Apostila de Aulas

SEL414 - Sistemas Digitais

Homero Schiabel

FIM